

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 46 067.1  
**Anmeldetag:** 02. Oktober 2002  
**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH,  
Stuttgart/DE  
**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung  
eines Bildsensorsystems in einem Kraftfahrzeug  
**IPC:** G 08 G, G 01 D, G 05 D

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 04. September 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "D. Kling", is placed here. It is the signature of the President of the German Patent and Trademark Office.

26.09.2002 Fr/Da

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems in einem Kraftfahrzeug

Stand der Technik

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung wenigstens eines Bildsensorsystems, das sich an und/oder in und/oder auf einem Kraftfahrzeug befindet, mittels wenigstens eines Kalibrierobjektes.

20

In Kraftfahrzeugen ist an den Einsatz von Bildsensorsystemen zur Erfassung des Fahrzeugumfeldes gedacht. Insbesondere ist die Verwendung der Bildsensorsysteme in Fahrerassistenzsystemen geplant. Beispielsweise ist es möglich, Bildsensorsysteme zur automatischen Abstandsregelung des Kraftfahrzeuges zu einem vorausfahrenden Fahrzeug einzusetzen.

25

Zur Vergrößerung des Bilderfassungsbereiches ist der Einsatz von mehreren Bildsensorsystemen im Kraftfahrzeug geplant, wobei sich deren Erfassungsbereiche auch zumindest teilweise überlappen können. Insbesondere ist der Einsatz von Stereokameras vorgesehen, die aus zwei Bildsensorsystemen bestehen, welche im wesentlichen dieselbe Szene aufnehmen.

30

Verfahren und Vorrichtungen zur Kalibrierung von Bildsensorsystemen in Kraftfahrzeugen mittels eines Kalibrierobjektes sind bekannt.

Aus der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10229336.8 vom 29.6.2002 ist beispielsweise eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems mittels eines Kalibrierobjektes und eines Lagebezugsensors bekannt.

5

EP 1 120 746 A2 beschreibt ein Verfahren zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems in einem Kraftfahrzeug mittels eines Kalibrierobjektes. Dabei wird das Kalibrierobjekt mit dem Kraftfahrzeug verbunden und über eine mechanische Verstellvorrichtung bezüglich des Kraftfahrzeuges ausgerichtet. Die Kalibrierung erfolgt dabei bezüglich der Längsachse des Kraftfahrzeuges. Die Längsachse ist durch symmetrische Merkmale am Kraftfahrzeug, insbesondere der Karosserie, konstruierbar. Aufgrund von Fertigungstoleranzen stimmt diese Längsachse nicht mit der geometrischen Fahrachse überein, die durch die Winkelhalbierende des Gesamtvorspurwinkels der Hinterachse definiert ist. Die Abweichungen zwischen der Längsachse und der geometrische Fahrachse sind für ein messendes Bildsensorsystem, insbesondere bei dessen Verwendung in Fahrerassistenzsystemen in Kraftfahrzeugen, nicht vernachlässigbar, da die geometrische Fahrachse die Fahrtrichtung bei Geradeausfahrt festlegt, unabhängig von der Lage der Längsachse.

10

15

Hinweise zur Bestimmung der Ausrichtung eines Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems fehlen in der EP 1 120 746 A2.

20

#### Vorteile der Erfindung

25

30

Durch die Bestimmung der Ausrichtung wenigstens eines Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges erhöht sich die Messgenauigkeit des Bildsensorsystems in vorteilhafter Weise. Zwischen der geometrischen Fahrachse und der Längsachse sind Abweichungen vorhanden, die bei einem messenden Bildsensorsystem, insbesondere beim Einsatz in Fahrerassistenzsystemen, zu Messfehlern führen können und deshalb nicht vernachlässigbar sind.

In besonders vorteilhafter Weise ermöglicht das nachfolgend beschriebene Verfahren und die Vorrichtung die direkte Bestimmung der Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges aus den durch das wenigstens eine

Bildsensorsystem selbst erzeugten Bildinformationen des wenigstens einen Kalibrierobjektes. In vorteilhafter Weise ist es insbesondere ausreichend nur die Bildinformationen zur Bestimmung der Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges zu verwenden. Damit ist das nachfolgend beschriebene  
5 Verfahren unabhängig von der Verwendung weiterer Informationen.

In vorteilhafter Weise werden die in den erzeugten Bildinformationen enthaltenen  
Informationen über die geometrische Fahrachse des Kraftfahrzeuges verwendet. Damit  
ermöglicht das nachfolgend beschriebene Verfahren und die Vorrichtung die Kalibrierung des  
10 wenigstens einen Bildsensorsystems insbesondere unabhängig von der Verwendung weiterer  
Sensoren, da alle notwendigen Informationen zur Bestimmung der Ausrichtung des wenigstens  
einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges in den  
Bildinformationen beinhaltet sind. Dies reduziert den Aufwand an technischen Vorrichtungen  
und führt damit zu niedrigen Kosten bei der Kalibrierung des wenigstens einen  
15 Bildsensorsystems.

Durch die Ausrichtung wenigstens eines Zeigers an wenigstens einem ungelenkten Rad des  
Kraftfahrzeuges, wobei wenigstens ein Markierungspunkt auf dem wenigstens einen  
Kalibrierobjekt erzeugt wird, wird in besonders vorteilhafter Weise Informationen über die  
geometrische Fahrachse des Kraftfahrzeuges auf das wenigstens eine Kalibrierobjekt  
20 übertragen. Insbesondere bei Verwendung eines optischen Zeigers, beispielsweise als  
Laserzeiger, enthalten die erzeugten Lichtpunkte als Markierungspunkte Informationen über die  
geometrische Fahrachse des Kraftfahrzeuges.

In vorteilhafter Weise stellt die Ausrichtung eines ersten und eines zweiten Zeigers mit jeweils  
einem Zeigerstrahl an einem ersten und einem zweiten ungelenkten Rad des Kraftfahrzeuges  
eine einfache und kostengünstige Möglichkeit zur Durchführung des nachfolgend beschriebenen  
Verfahrens dar. Die Vorteile ergeben sich durch die Verwendung von lediglich zwei Zeigern,  
die jeweils nur einen Zeigerstrahl erzeugen.  
25

In vorteilhafter Weise stellt die Ausrichtung eines ersten und eines zweiten Zeigers mit jeweils  
einem Zeigerstrahl an einem ersten und einem zweiten ungelenkten Rad des Kraftfahrzeuges  
zusammen mit der Bestimmung wenigstens einer Entfernung zwischen dem wenigstens einen  
Kalibrierobjekt und dem ungelenkten Rad eine einfache und genaue Möglichkeit zur  
30

Durchführung des nachfolgend beschriebenen Verfahrens dar. Die Vorteile ergeben sich zum einen durch die Verwendung von lediglich zwei Zeigern, die jeweils nur einen Zeigerstrahl erzeugen und zum anderen durch die Verwendung wenigstens einer Entfernung. Dies führt zu einer hohen Genauigkeit bei der Kalibrierung des wenigstens einen Bildsensorsystems.

5 Weiterhin gestattet die Verwendung wenigstens einer Entfernung zwischen dem wenigstens einen Kalibrierobjekt und dem ungelenkten Rad bei der Durchführung des Verfahrens in vorteilhafter Weise einen variablen Abstand zwischen dem wenigstens einen Kalibrierobjekt und dem Kraftfahrzeug bzw. dem Bildsensorsystem.

10 In vorteilhafter Weise ist das Verfahren und die Vorrichtung bei Winkeln von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$  zwischen der geometrischen Fahrachse und dem Kalibrierobjekt geeignet. Dieser weite Winkelbereich ermöglicht in vorteilhafter Weise die Adaptation des Verfahrens und der Vorrichtung an die Örtlichkeiten in der Kraftfahrzeugwerkstatt oder in der Produktionshalle eines Kraftfahrzeugherrstellers. Vorteilhaft ist die Ausrichtung des Kalibrierobjektes zum Kraftfahrzeug derart, dass der Winkel zwischen der geometrischen Fahrachse und dem Kalibrierobjekt annähernd senkrecht ist, insbesondere genau  $90^\circ$  beträgt. Beispielsweise bei Ausrichtung des Bildsensorsystems in Richtung der geometrischen Fahrachse, also in Richtung der Vorwärtsfahrtrichtung des Kraftfahrzeugs, oder entgegengesetzt, also in Richtung der Rückwärtsfahrtrichtung des Kraftfahrzeugs, führt diese rechtwinkelige Einstellung zu einer hohen Genauigkeit bei der Kalibrierung des wenigstens einen Bildsensorsystems. Insbesondere bei der Verwendung von weiteren Kalibrierbezugmerkmale auf dem Kalibrierobjekt führt ein Winkel von annähernd  $90^\circ$  zu einer Erhöhung der Genauigkeit der Kalibrierung des wenigstens einen Bildsensorsystems, weil durch den senkrechten Blickwinkel des Bildsensorsystems Verzerrungen der Kalibrierbezugmerkmale minimal werden.

25 In vorteilhafter Weise stellt die Ausrichtung eines ersten und eines zweiten Zeigers mit jeweils einem ersten und einem zweiten Zeigerstrahl an einem ersten und einem zweiten ungelenkten Rad des Kraftfahrzeuges eine einfache und genaue Möglichkeit zur Durchführung des nachfolgend beschriebenen Verfahrens dar, da eine präzise Ausrichtung des Kalibrierobjektes zum Kraftfahrzeug entfällt. In besonders vorteilhafter Weise wird damit insbesondere die Bestimmung der Position des wenigstens einen Bildsensorsystems im Kraftfahrzeug und die Bestimmung der Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglicher der geometrischen Fahrachse ermöglicht.

5

In besonders vorteilhafter Weise ermöglicht das nachfolgend beschriebene Verfahren und die Vorrichtung die Bestimmung der Ausrichtung wenigstens zweier Bildsensorsysteme zueinander, wobei die wenigstens zwei Bildsensorsysteme im wesentlichen dieselbe Szene aufnehmen. Insbesondere ermöglicht das nachfolgend beschriebene Verfahren und die Vorrichtung in vorteilhafter Weise die Kalibrierung wenigstens eines Stereokamerasystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeugs.

10

Vorteilhaft ist die Bestimmung wenigstens eines Wertes der intrinsischen Kalibrierdaten des wenigstens einen Bildsensorsystems, vorzugsweise des Kamerahauptpunktes und/oder der Kamerakonstanten und/oder wenigstens eines Verzeichnungsparameters, und/oder die Bestimmung des Einflusses einer Glasscheibe im Lichtweg des wenigstens einen Bildsensorsystems. Insbesondere durch die Verwendung von zusätzlichen Kalibrierbezugmerkmalen können diese intrinsischen Kalibrierdaten in vorteilhafter Weise gleichzeitig mitbestimmt werden. Dies spart Zeit und Kosten, da sich diese zusätzlich notwendige Kalibrierung des wenigstens einen Bildsensorsystems erübrigert.

15

20

Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines elektronischen/optischen Entfernungsmessers als Zeiger, da hierdurch die Bestimmung der Entfernung zwischen dem wenigstens einen Kalibrierobjekt und dem ungelenkten Rad entlang wenigstens eines Zeigerstrahls und die Erzeugung eines Markierungspunktes durch ein einziges Mittel, dem elektronisch/optischen Entfernungsmesser, erfolgt. Insbesondere erzeugt dessen entfernungsmeßender Lichtstrahl in vorteilhafter Weise gleichzeitig einen Lichtpunkt als Markierungspunkt.

25

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Figuren und aus den abhängigen Patentansprüchen.

#### Zeichnung

30

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 eine Zeichnung zur Erläuterung der Definition der geometrischen Fahrachse, der Fahrzeuglängsmittalebene und der Längsachse eines Kraftfahrzeuges,
- Figur 2 eine Übersichtszeichnung zur Kalibrierung wenigstens eines Bildsensorsystems in einem Kraftfahrzeug in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel, wobei die Ausrichtung des Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges mittels zweier Zeiger mit jeweils einem Zeigerstrahl bestimmt wird,
- Figur 3 die senkrechte Ausrichtung der Projektionsebene bezüglich der geometrischen Fahrachse eines Kraftfahrzeuges bei parallelen Spuren der Hinterräder,
- Figur 4 die senkrechte Ausrichtung der Projektionsebene bezüglich der geometrischen Fahrachse eines Kraftfahrzeuges bei nicht parallelen, aber symmetrischen Spuren der Hinterräder,
- Figur 5 die senkrechte Ausrichtung der Projektionsebene bezüglich der geometrischen Fahrachse eines Kraftfahrzeuges bei nicht parallelen und nicht symmetrischen Spuren der Hinterräder,
- Figur 6 ein Blockdiagramm der Vorrichtung zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems,
- Figur 7 ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung der Kalibrierdaten,
- Figur 8 eine Übersichtszeichnung zur Kalibrierung wenigstens eines Bildsensorsystems in einem Kraftfahrzeug in einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel, wobei die Ausrichtung des Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges mittels zweier Zeiger mit jeweils zwei Zeigerstrahlen bestimmt wird,
- Figur 9 ein Blockdiagramm der Vorrichtung zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems,
- Figur 10 ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung der Kalibrierdaten,
- Figur 11 ein Kalibrierobjekt.

## 25 Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Figur 1 zeigt eine Zeichnung zur Erläuterung der Definition der geometrischen Fahrachse 18, der Fahrzeuglängsmittalebene 20 und der Längsachse 22 eines Kraftfahrzeuges 10. Dargestellt ist ein Kraftfahrzeug 10 mit den zwei gelenkten Vorderrädern 12 der Vorderachse und den zwei ungelenkten Hinterrädern 14 der Hinterachse. Die Vorderachse und die Hinterachse sind jeweils eine Radachse. Die geometrische Fahrachse 18 ist definiert als die Winkelhalbierende des Gesamtspurwinkels 24 der Hinterachse, wobei der Gesamtspurwinkel 24 durch die Spur 16 der beiden Hinterräder 14 der Hinterachse festgelegt ist. Die geometrische Fahrachse 18 ist parallel zur Fahrbahnebene. Die Fahrbahnebene ist in Figur 1 nicht eingezeichnet.

Demgegenüber ist die Fahrzeuglängsmittellebene 20 eine Ebene, die senkrecht zur Fahrbahnebene steht und durch die Mitte der Spurweite der Vorder- und Hinterachse geht. Die Längsachse 22 ist durch symmetrische Merkmale am Kraftfahrzeug 10, insbesondere der Karosserie, konstruierbar. Die Längsachse 22 ist parallel zur Fahrbahnebene. Aufgrund von Fertigungstoleranzen stimmen die geometrische Fahrachse 18, die Fahrzeuglängsmittellebene 20 und die Längsachse 22 im allgemeinen nicht überein. Die geometrische Fahrachse 18 legt die Fahrtrichtung bei Geradeausfahrt des Kraftfahrzeugs 10 fest. Die Fahrtrichtung bei Geradeausfahrt ist damit unabhängig von der Längsachse 22 des Kraftfahrzeugs 12 und damit auch unabhängig von der Ausrichtung der Karosserie bezüglich des Fahrwerks. Für die nachfolgenden Ausführungsbeispiele wird die folgende Definition des Kraftfahrzeugkoordinatensystems verwendet. Der Ursprung des Kraftfahrzeugkoordinatensystems liegt in der Mitte der Hinterachse des Kraftfahrzeugs 10. Die X-Achse des Kraftfahrzeugkoordinatensystems zeigt positiv in Fahrtrichtung entlang der Fahrzeuglängsmittellebene 20. Die Y-Achse zeigt positiv zur linken Fahrzeugseite bei Betrachtung des Kraftfahrzeugs 10 in Fahrtrichtung. Die Z-Achse zeigt positiv nach oben entgegen der Fahrbahnebene.

Figur 2 zeigt eine Übersichtszeichnung zur Kalibrierung wenigstens eines Bildsensorsystems 38 in einem Kraftfahrzeug 10 in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel, wobei die Ausrichtung des Bildsensorsystems 38 bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeugs 10 mittels zweier Zeiger 26 mit jeweils einem Zeigerstrahl 28, 30 bestimmt wird. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Bildsensorsystem 38 im Kraftfahrzeug 10 hinter der Windschutzscheibe im Bereich des Innenrückspiegels im Abstand 58 von der Fahrbahnebene 54 angebracht. Der Erfassungsbereich 48 des Bildsensorsystems 38 ist in Vorwärtsfahrtrichtung des Kraftfahrzeugs 10 ausgerichtet. Das Bildsensorsystem 38 ist ein Videosensor, der beispielsweise entweder als CCD- oder CMOS-Kamera ausgeführt ist. Das Kraftfahrzeug 10 befindet sich auf der Fahrbahnebene 54 beispielsweise in einer Kraftfahrzeugwerkstatt oder in der Produktionshalle eines Kraftfahrzeugherstellers, wobei das Kraftfahrzeug 10 so ausgerichtet ist, dass der Erfassungsbereich 48 des Bildsensorsystems 38 in Richtung des Kalibrierobjektes 36 liegt. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Kalibrierobjekt 36 eine Projektionsebene. Die Entfernung des Bildsensorsystems 38 zur Projektionsebene 36 kann dabei beispielsweise zwischen einem Meter und 20 Meter betragen, wobei vorzugsweise Entfernungen zwischen zwei Meter und zehn Meter geeignet sind. In diesem Ausführungsbeispiel beträgt die Entfernung zwischen dem Bildsensorsystem 38 und der Projektionsebene 36 etwa 2,5 Meter.

An den beiden ungelenkten Hinterrädern 14 der Hinterachse ist jeweils ein optischer Zeiger 26 montiert. Der optische Zeiger 26 am linken Hinterrad 14 erzeugt einen Zeigerstrahl 28 in Form eines Lichtstrahles, wobei der Lichtstrahl 28 in etwa parallel zur Fahrbahnebene 54 und in etwa parallel zur Spur des linken Hinterrades 14 ausgerichtet ist. Dabei erzeugt der Lichtstrahl 28 5 einen Markierungspunkt 40 in Form eines Lichtpunktes auf der Projektionsebene 36. Der optische Zeiger 26 am rechten Hinterrad 14 erzeugt einen Zeigerstrahl 30 in Form eines Lichtstrahles, wobei der Lichtstrahl 30 in etwa parallel zur Fahrbahnebene 54 und in etwa parallel zur Spur des rechten Hinterrades 14 ausgerichtet ist. Dabei erzeugt der Lichtstrahl 30 10 einen Markierungspunkt 42 in Form eines Lichtpunktes auf der Projektionsebene 36. Die Zeiger 26 am linken und rechten Hinterrad 14 weisen den gleichen Abstand 56 zur Fahrbahnebene 54 auf. Die Lichtstrahlen 28, 30 definieren die geometrische Fahrachse des Kraftfahrzeugs 10. Die Lichtpunkte 40, 42 liegen im Sichtbereich (Erfassungsbereich 48) des Bildsensorsystems 38. 15 Die Projektionsebene 36 wird in diesem Ausführungsbeispiel senkrecht zur geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeugs 10 ausgerichtet. Diese Ausrichtung geschieht entweder durch Positionierung des Kraftfahrzeugs 10 relativ zur Projektionsebene 36 oder umgekehrt, wobei die Positionierung der Projektionsebene 36 relativ zum Kraftfahrzeug 10 verfahrenstechnisch einfacher ist. Nach erfolgter Positionierung bzw. Ausrichtung nimmt das Bildsensorsystem 38 20 Bildinformationen der Projektionsebene 36 vorzugsweise in Form wenigstens eines Bildes als Bilddatensatz auf. Zur Kalibrierung des Bildsensorsystems 38 wird aus den erzeugten Bildinformationen die Ausrichtung des Bildsensorsystems 38 bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeugs 10 bestimmt.

Figur 3 zeigt die senkrechte Ausrichtung der Projektionsebene 36 bezüglich der geometrischen Fahrachse 18 eines Kraftfahrzeugs bei parallelen Spuren der Hinterräder 14 für das 25 Ausführungsbeispiel nach Figur 2. Daneben zeigt Figur 3 die beiden Hinterräder 14 eines Kraftfahrzeugs mit den zwei Lichtstrahlen 28 und 30, die auf der Projektionsebene 36 die zwei Lichtpunkte 40 und 42 erzeugen. Die optischen Zeiger, welche die Lichtstrahlen 28, 30 erzeugen und jeweils am linken und rechten Hinterrad 14 montiert sind, sind nicht dargestellt. Weiterhin ist der Abstand 60 zwischen den beiden optischen Zeigern und der Abstand 62 30 zwischen den Radmittelpunkten der beiden Hinterräder 14 und der Projektionsebene 36 dargestellt, wobei die Projektionsebene 36 senkrecht zur geometrischen Fahrachse 18 ausgerichtet ist. Bei dieser parallelen Spur der Hinterräder 14 des Kraftfahrzeugs wird vorzugsweise die Projektionsebene 36 mechanisch so ausgerichtet, dass die Lichtstrahlen 28, 30 senkrecht auf die Projektionsebene 36 auftreffen. Eine senkrechte Projektion der Lichtstrahlen

5

28, 30 ist dann gegeben, wenn die Lichtstrahlen 28, 30 in sich selbst reflektieren oder ein 90°-Umlenkprisma jeweils an den Lichtpunkten 40, 42 in allen Richtungen eine Lichtspur in der Projektionsebene 36 erzeugt. Eine Vereinfachung der Ausrichtung ergibt sich aus einer Projektionsebene 36, die bereits senkrecht zur Fahrbahnebene steht, so dass eine Drehung der Projektionsebene 36 nur um eine senkrecht zur Fahrbahnebene stehenden Achse erfolgen muss.

10

Figur 4 zeigt die senkrechte Ausrichtung der Projektionsebene 36 bezüglich der geometrischen Fahrachse 18 eines Kraftfahrzeugs bei nicht parallelen, aber symmetrischen Spuren der Hinterräder 14 für das Ausführungsbeispiel nach Figur 2. Daneben zeigt Figur 4 die beiden Hinterräder 14 eines Kraftfahrzeugs mit den zwei Lichtstrahlen 28 und 30, die auf der Projektionsebene 36 die zwei Lichtpunkte 40 und 42 erzeugen. Die optischen Zeiger, welche die Lichtstrahlen 28, 30 erzeugen und jeweils am linken und rechten Hinterrad 14 montiert sind, sind nicht dargestellt. Weiterhin ist der Abstand 60 zwischen den beiden optischen Zeigern und der senkrechte Abstand 62 zwischen den Radmittelpunkten der beiden Hinterräder 14 und der Projektionsebene 36 dargestellt, wobei die Projektionsebene 36 senkrecht zur geometrischen Fahrachse 18 ausgerichtet ist. Daneben sind die Spurwinkel 25 der beiden Hinterräder 14 eingezeichnet, wobei der Betrag der Spurwinkel 25 gleich ist. Schematisiert ist der Gesamtspurwinkel 24 ebenfalls eingezeichnet. In diesem Fall erfolgt die senkrechte Ausrichtung der Projektionsebene 36 bezüglich der geometrischen Fahrachse 18 eines Kraftfahrzeugs in drei Schritten. Im ersten Schritt wird vorzugsweise die Projektionsebene 36 mechanisch so ausgerichtet, dass die Projektionsebene 36 senkrecht zu einem der Lichtstrahlen 28, 30 steht, beispielsweise zum Lichtstrahl 28. Im zweiten Schritt wird die Projektionsebene 36 mechanisch so ausgerichtet, dass die Projektionsebene 36 senkrecht zum zweiten Lichtstrahl 28, 30 steht, im Beispiel zum Lichtstrahl 30. Die Verdrehung der Projektionsebene 36 um den Winkel  $x$  wird ermittelt, um im dritten Schritt die Projektionsebene 36 auf den halben Winkel  $x/2$  einzustellen. Damit steht die Projektionsebene 36 senkrecht zur geometrischen Fahrachse 18. Eine senkrechte Projektion der Lichtstrahlen 28, 30 ist dann gegeben, wenn die Lichtstrahlen 28, 30 in sich selbst reflektieren oder ein 90°-Umlenkprisma jeweils an den Lichtpunkten 40, 42 in allen Richtungen eine Lichtspur in der Projektionsebene 36 erzeugt.

20

25

30

Figur 5 zeigt die senkrechte Ausrichtung der Projektionsebene 36 bezüglich der geometrischen Fahrachse 18 eines Kraftfahrzeugs bei nicht parallelen und nicht symmetrischen Spuren der Hinterräder 14 für das Ausführungsbeispiel nach Figur 2. Daneben zeigt Figur 5 die beiden Hinterräder 14 eines Kraftfahrzeugs mit den zwei Lichtstrahlen 28 und 30, die auf der

Projektionsebene 36 die zwei Lichtpunkte 40 und 42 erzeugen. Die optischen Zeiger, welche die Lichtstrahlen 28, 30 erzeugen und jeweils am linken und rechten Hinterrad 14 montiert sind, sind nicht dargestellt. Weiterhin ist der Abstand 60 zwischen den beiden optischen Zeigern dargestellt. Daneben sind die Spurwinkel 25 der beiden Hinterräder 14 eingezeichnet, wobei die 5  
Beträge der Spurwinkel 25 ungleich sind. Schematisiert ist der Gesamtvorspurwinkel 24 ebenfalls eingezeichnet. In diesem Fall erfolgt die senkrechte Ausrichtung der Projektionsebene 36 bezüglich der geometrischen Fahrachse 18 eines Kraftfahrzeugs in drei Schritten. Im ersten Schritt wird vorzugsweise die Projektionsebene 36 mechanisch so ausgerichtet, dass die 10  
Projektionsebene 36 senkrecht zu einem der Lichtstrahlen 28, 30 steht, beispielsweise zum Lichtstrahl 28. Im zweiten Schritt wird die Projektionsebene 36 mechanisch so ausgerichtet, dass die Projektionsebene 36 senkrecht zum zweiten Lichtstrahl 28, 30 steht, im Beispiel zum Lichtstrahl 30. Die Verdrehung der Projektionsebene 36 um den Winkel x wird ermittelt, um im dritten Schritt die Projektionsebene 36 auf den halben Winkel x/2 einzustellen. Damit steht die 15  
Projektionsebene 36 senkrecht zur geometrischen Fahrachse 18. Eine senkrechte Projektion der Lichtstrahlen 28, 30 ist dann gegeben, wenn die Lichtstrahlen 28, 30 in sich selbst reflektieren oder ein 90°-Umlenkprisma jeweils an den Lichtpunkten 40, 42 in allen Richtungen eine Lichtspur in der Projektionsebene 36 erzeugt.

Figur 6 zeigt ein Blockdiagramm der Vorrichtung zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems 38 nach Figur 2, insbesondere zur Verarbeitung und Auswertung der Bildinformationen, bestehend 20  
aus dem Bildsensorsystem 38 selbst, einer Auswerteeinheit 50 und wenigstens einem, vorzugsweise nachfolgenden, System 52, beispielsweise einer Speichereinheit 52. Das nach erfolgter Ausrichtung der Projektionsebene von dem Bildsensorsystem 38 aufgenommene wenigstens eine Bild, wird vorzugsweise in Form wenigstens eines Bilddatensatzes über die Signalleitung 49 an die Auswerteeinheit 50 elektrisch und/oder optisch übertragen. Alternativ 25  
ist eine Übertragung des wenigstens einen Bilddatensatzes per Funk möglich. Die Auswerteeinheit 50 kann dabei separat von dem Bildsensorsystem 38 positioniert sein, sich also insbesondere im Kraftfahrzeug oder auch außerhalb befinden, oder die Auswerteeinheit 50 befindet sich direkt in dem Bildsensorsystem 38. Die Auswerteeinheit 50 umfasst wenigstens 30  
einen Mikroprozessor und besteht aus mehreren in Figur 7 dargestellten Modulen, die als Programme des wenigstens einen Mikroprozessors ausgestaltet sind. Die Auswerteeinheit 50 ermittelt aus den Bildinformationen wenigstens einen Parameter der Kalibrierdaten, insbesondere den Gierwinkel und/oder den Nickwinkel und/oder den Wankwinkel und/oder wenigstens einen Parameter der dreidimensionalen Einbauposition des Bildsensorsystems 38 im

Kraftfahrzeug. Der Gierwinkel ist hierbei als die horizontale Winkelabweichung der optischen Achse bzw. der Normalen der Bildebene des Bildsensorsystems 38 von der geometrischen Fahrachse definiert. Unter dem Nickwinkel versteht man die vertikale Winkelabweichung der optischen Achse bzw. der Normalen der Bildebene des Bildsensorsystems 38 von der geometrischen Fahrachse. Unter dem Wankwinkel versteht man die Verdrehung des Bildsensorsystems 38 um die optisch Achse bezüglich der Fahrbahnebene. Die Parameter der Kalibrierdaten werden über die Signalleitung 51 an wenigstens ein, vorzugsweise nachfolgendes, System 52, beispielsweise einer Speichereinheit 52, elektrisch und/oder optisch übertragen. Alternativ ist eine Übertragung per Funk möglich. Das System 52 kann dabei separat von dem Bildsensorsystem 38 positioniert sein oder das System 52 befindet sich direkt in dem Bildsensorsystem 38. Daneben können die Parameter der Kalibrierdaten entweder dazu verwendet werden, das Bildsensorsystem 38 mechanisch zu justieren oder die Kalibrierdaten werden verwendet, um nachfolgende Anwendungen, die im Betrieb des Bildsensorsystems 38 Bilddaten verarbeiten, softwaremäßig, also algorithmisch, zu manipulieren. Dies gewährleistet eine für den Anwendungszweck dienliche Abbildung und/oder Messwerterfassung durch das Bildsensorsystem 38.

Figur 7 zeigt ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung wenigstens eines Parameters der Kalibrierdaten 86 für das Ausführungsbeispiel nach Figur 2. Die Bildsensorsignale 70 der Signalleitung 49 nach Figur 6, die Bildinformationen der Projektionsebene in Form wenigstens einer Bilddatensatzes enthalten, werden dem Modul 72 zur Vorverarbeitung zugeführt. Dieses Modul 72 dient zur Bildung der vorverarbeiteten Bildinformationen 74. Als Vorverarbeitung wird insbesondere eine Kontrastverbesserung und/oder eine Veränderung der Bildhelligkeit und/oder eine Bildverbesserung durch Filterung vorgenommen. Die vorverarbeiteten Bildinformationen 74 werden dem Modul 76 zur Identifizierung von Merkmalen zugeführt. Dieses Modul 76 dient insbesondere zur Suche und Identifizierung der durch die Zeiger erzeugten Lichtpunkte in den vorverarbeiteten Bildinformationen 74. Diese signifikanten Merkmale im Bild werden mit bekannten Verfahren der Bildverarbeitung ermittelt. Als Verfahren werden insbesondere entweder Verfahren mit vorgegebenen Grauwertschwellen und/oder Kantenverfahren und/oder Konturverfolgungsverfahren verwendet. Die im Modul 76 ermittelten Daten 78 werden an das Modul 80 zur Bestimmung der 2D-Position (zweidimensionale Position) der Lichtpunkte zugeführt. Dabei wird insbesondere entweder eine pixelgenaue oder subpixelgenaue Bestimmung der 2D-Position der Lichtpunkte durchgeführt. Als Verfahren werden insbesondere Schwerpunktoperatoren, beispielsweise Grauwertsummen

und/oder Mittelbildung, und/oder Strukturooperatoren, beispielsweise Kreisrand oder Ellipsenrand, und/oder eine Mustergrauwertmatrix verwendet. Bei dem Verfahren mit einer Mustergrauwertmatrix handelt es sich um ein Template Matching (Musteranpassung), bei dem eine künstlich definierte Grauwertmatrix eines Merkmals bestmöglich über das abgebildete 5 Merkmal, dem Lichtpunkt, platziert wird und damit die 2D-Position ermittelt wird. Die ermittelte 2D-Position der Lichtpunkte, also die Bildkoordinaten der Lichtpunkte, werden als Daten 82 zum Modul 84 zur Berechnung wenigstens eines Parameters der Kalibrierdaten 86 zugeleitet. Als Parameter der Kalibrierdaten 86 zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems in einem Kraftfahrzeug wird grundsätzlich zwischen intrinsischen und extrinsischen Kalibrierdaten 10 unterschieden. Intrinsische Kalibrierdaten sind insbesondere der Kamerahauptpunkt und/oder die Kamerakonstante und/oder wenigstens ein Verzeichnungsparameter. Unter den extrinsischen Kalibrierdaten werden sechs Parameter unterschieden. Die drei 15 Translationsparameter  $x_k$ ,  $y_k$  und  $z_k$  beschreiben die Einbauposition des Bildsensorsystems bezüglich des Kraftfahrzeuges, sie geben also den Vektor vom Ursprung des Kraftfahrzeugkoordinatensystems zum Projektionszentrum des Bildsensorsystems an. Neben den drei Translationsparametern unterscheidet man die drei Rotationswinkel Gierwinkel, Nickwinkel und Wankwinkel. In diesem Ausführungsbeispiel wird das in Figur 7 beschriebene Verfahren zur Ermittlung wenigstens eines Parameters der extrinsischen Kalibrierdaten verwendet. Das Verfahren und die Vorrichtung ist grundsätzlich auch zur Ermittlung von 20 intrinsischen Kalibrierdaten, wie in den nachfolgenden Abschnitten erläutert, geeignet. Im Ausführungsbeispiel nach Figur 2 werden aus den zwei Lichtpunkten im Modul 80 vier Messwerte ermittelt. Von jedem Lichtpunkt wird die 2D-Position ermittelt. Den sechs Parametern der gesuchten extrinsischen Kalibrierdaten stehen damit vier Messwerte gegenüber. Damit können vier der Parameter der gesuchten extrinsischen Kalibrierdaten berechnet werden. 25 Im Ausführungsbeispiel nach Figur 2 werden insbesondere die drei Rotationswinkel und ein Translationsparameter bestimmt. Dazu werden in Modul 84 bekannte numerische, photogrammetrische Verfahren verwendet. Bevorzugt wird die Direkte Lineare Transformation (DLT) verwendet. Alternativ ist auch das Verfahren des räumlichen Rückwärtsschnitt einsetzbar. Mit dem Ansatz der DLT gelingt es, wenigstens einen Parameter der Kalibrierdaten 30 86 ohne Näherungswerte in einem linearen Gleichungssystem zu bestimmen. Das Verfahren basiert auf projektiven Beziehungen zwischen Objektraum und Bildraum, die um eine Affintransformation der Bildkoordinaten erweitert werden. Mit dem Verfahren des räumlichen Rückwärtsschnitts liegt eine nicht-lineare Lösung aufgestellter Kollinearitätsgleichungen vor, die Näherungswerte der gesuchten Parameter der Kalibrierdaten benötigt. Die Lösung erfolgt

iterativ nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate in einer Ausgleichsrechnung. Dazu werden aus den Kollinearitätsgleichungen Verbesserungsgleichungen der Beobachtungen abgeleitet. Als Beobachtungen gelten hier die Bildkoordinaten der im Bild gemessenen Merkmale, insbesondere also der 2D-Position der Lichtpunkte im Bild. Das Aufstellen und  
5 Auflösen der sogenannten Normalgleichungen erfolgt iterativ, bis die gesuchten Parameter der Kalibrierdaten 86 sich nicht mehr nennenswert ändern. Zur Berechnung der vier Parameter im Ausführungsbeispiel nach Figur 2 sind weitere Daten notwendig, insbesondere werden der Abstand der Zeiger von der Fahrbahnebene (beispielsweise der Abstand 56 in Figur 2) und/oder  
10 der Abstand zwischen den beiden optischen Zeigern (beispielsweise der Abstand 60 in Figur 3) und/oder wenigstens ein Abstand zwischen den Radmittelpunkten der Hinterräder und der Projektionsebene (beispielsweise der Abstand 62 in Figur 3 und/oder die Länge des Lichtstrahles 28, 30 in Figur 4 und/oder die Länge des Lichtstrahles 28, 30 in Figur 5) und/oder  
15 wenigstens ein Spurwinkel (beispielsweise der Spurwinkel 25 in Figur 4 und/oder der Spurwinkel 25 in Figur 5) benötigt. Diese Daten können entweder konstruktiv definiert und damit bekannt sein und/oder die Daten werden zusätzlich ebenfalls messtechnisch erfasst.

Eine alternative Variante des Ausführungsbeispiels nach Figur 2 sieht vor, mit einer Entfernungsmesseinrichtung wenigstens eine Entfernung auf der linken und/oder der rechten Fahrzeugseite zwischen der ungelenkten Achse, also dem Radmittelpunkt des ungelenkten Rades, und der Projektionsebene zu messen. Die gemessenen Entfernungen werden zur vorzugsweise senkrechten Ausrichtung der Projektionsebene bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges eingesetzt. Nach Figur 3 ist insbesondere eine senkrechte Projektion der Lichtstrahlen der beiden Zeiger dann gegeben, wenn die Projektionsebene bereits  
20 senkrecht zur Fahrbahnebene steht und die Projektionsebene um die senkrecht zur Fahrbahnebene stehende Achse gedreht wird, bis die beiden gemessenen Entfernungen gleich sind. In einer weiteren Variante ist vorgesehen, einen elektronischen/optischen Entfernungsmesser als Entfernungsmesseinrichtung zu verwenden, dessen messender  
25 Lichtstrahl den Lichtpunkt erzeugt. Alternativ werden die gemessenen Entfernungen insbesondere, wie in Figur 7 erläutert, als messtechnisch erfasste Daten zur Berechnung wenigstens eines Parameters der Kalibrierdaten verwendet.

Figur 8 zeigt eine Übersichtszeichnung zur Kalibrierung wenigstens eines Bildsensorsystems 38 in einem Kraftfahrzeug 10 in einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel, wobei die Ausrichtung des Bildsensorsystems 38 bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges 10

mittels zweier Zeiger 26 mit jeweils zwei Zeigerstrahl 28, 30, 32, 34 bestimmt wird. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Bildsensorsystem 38 im Kraftfahrzeug 10 hinter der Windschutzscheibe im Bereich des Innenrückspiegels im Abstand 58 von der Fahrbahnebene 54 angebracht. Der Erfassungsbereich 48 des Bildsensorsystems 38 ist in Vorwärtsfahrtrichtung des Kraftfahrzeuges 10 ausgerichtet. Das Bildsensorsystem 38 ist ein Videosensor, der beispielsweise entweder als CCD- oder CMOS-Kamera ausgeführt ist. Das Kraftfahrzeug 10 befindet sich auf der Fahrbahnebene 54 beispielsweise in einer Kraftfahrzeugwerkstatt oder in der Produktionshalle eines Kraftfahrzeugherstellers, wobei das Kraftfahrzeug 10 so ausgerichtet ist, dass der Erfassungsbereich 48 des Bildsensorsystems 38 in Richtung des Kalibrierobjektes 36 liegt. In diesem Ausführungsbeispiel ist das Kalibrierobjekt 36 eine Projektionsebene. Die Entfernung des Bildsensorsystems 38 zur Projektionsebene 36 kann dabei beispielsweise zwischen einem Meter und 20 Meter betragen, wobei vorzugsweise Entfernungen zwischen zwei Meter und zehn Meter geeignet sind. In diesem Ausführungsbeispiel beträgt die Entfernung zwischen dem Bildsensorsystem 38 und der Projektionsebene 36 etwa 2,5 Meter.

An den beiden ungelenkten Hinterrädern 14 der Hinterachse ist jeweils ein optischer Zeiger 26 mit einer Entfernungsmesseinrichtung montiert. Der optische Zeiger 26 am linken Hinterrad 14 erzeugt einen Zeigerstrahl 28 in Form eines Lichtstrahles, wobei der Lichtstrahl 28 in etwa parallel zur Fahrbahnebene 54 und in etwa parallel zur Spur des linken Hinterrades 14 ausgerichtet ist. Dabei erzeugt der Lichtstrahl 28 einen Markierungspunkt 40 in Form eines Lichtpunktes auf der Projektionsebene 36. Der optische Zeiger 26 am rechten Hinterrad 14 erzeugt einen Zeigerstrahl 30 in Form eines Lichtstrahles, wobei der Lichtstrahl 30 in etwa parallel zur Fahrbahnebene 54 und in etwa parallel zur Spur des rechten Hinterrades 14 ausgerichtet ist. Dabei erzeugt der Lichtstrahl 30 einen Markierungspunkt 42 in Form eines Lichtpunktes auf der Projektionsebene 36. Die Zeiger 26 am linken und rechten Hinterrad 14 weisen den gleichen Abstand 56 zur Fahrbahnebene 54 auf. Jeweils ein zweiter Lichtstrahl 32, 34 unter einem Winkel 64, 66 bezüglich des ersten Lichtstrahls erzeugt auf der Projektionsebene zwei Lichtpunkte 44, 46. Die Entfernungsmesseinrichtung des Zeigers 26 auf der linken Fahrzeugseite bestimmt die Entfernungen zwischen der ungelenkten Achse, also dem Radmittelpunkt des ungelenkten Rades, und der Projektionsebene entlang der Lichtstrahlen 28, 32. Die Entfernungsmesseinrichtung des Zeigers 26 auf der rechten Fahrzeugseite bestimmt die Entfernungen zwischen der ungelenkten Achse, also dem Radmittelpunkt des ungelenkten Rades, und der Projektionsebene entlang der Lichtstrahlen 30, 34. Die Winkel 64, 66 sind bekannt und sind in diesem Ausführungsbeispiel vorzugsweise gleich groß. Der Abstand zwischen dem linken und rechten Zeiger 26 ist bekannt. Der Abstand 56 der beiden Zeiger von

der Fahrbahnebene 54 ist bekannt und in diesem Ausführungsbeispiel vorzugsweise gleich groß. Die Lichtstrahlen 28, 30, 32, 34 definieren die geometrische Fahrachse des Kraftfahrzeuges 10. Eine präzise Ausrichtung der Projektionsebene 36 ist in diesem Ausführungsbeispiel nicht notwendig. Die Lichtpunkte 40, 42, 44, 46 liegen im Sichtbereich (Erfassungsbereich 48) des Bildsensorsystems 38. Das Bildsensorsystem 38 nimmt Bildinformationen der Projektionsebene 36 vorzugsweise in Form wenigstens eines Bildes als Bilddatensatz auf. Zur Kalibrierung des Bildsensorsystems 38 wird aus den erzeugten Bildinformationen die Ausrichtung des Bildsensorsystems 38 bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges 10 bestimmt.

Figur 9 zeigt ein Blockdiagramm der Vorrichtung zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems 38 nach Figur 8, insbesondere zur Verarbeitung und Auswertung der Bildinformationen, bestehend aus dem Bildsensorsystem 38 selbst, dem Zeiger 26 mit einer Entfernungsmeseinrichtung des linken Rades, dem Zeiger 26 mit einer Entfernungsmeseinrichtung des rechten Rades, einer Auswerteeinheit 50 und wenigstens einem, vorzugsweise nachfolgenden, System 52, beispielsweise einer Speichereinheit 52. Das nach erfolgter Ausrichtung der Projektionsebene von dem Bildsensorsystem 38 aufgenommene wenigstens eine Bild, wird in Form wenigstens eines Bilddatensatzes über die Signalleitung 49 an die Auswerteeinheit 50 elektrisch und/oder optisch übertragen. Alternativ ist eine Übertragung des wenigstens einen Bilddatensatzes per Funk möglich. Die Entfernung, die von den beiden Messeinrichtungen der Zeiger 26, die am linken und rechten Rad befestigt sind, ermittelt werden, werden über die Signalleitungen 53 an die Auswerteeinheit 50 elektrisch und/oder optisch übertragen. Alternativ ist eine Übertragung der Messdaten per Funk möglich. Die Auswerteeinheit 50 kann dabei separat von dem Bildsensorsystem 38 und/oder von den Zeigern 26 positioniert sein, sich also insbesondere im Kraftfahrzeug oder auch außerhalb befinden. Es ist aber auch möglich, dass sich die Auswerteeinheit 50 direkt in dem Bildsensorsystem 38 und/oder in wenigstens einem Zeiger 26 befindet. Die Auswerteeinheit 50 umfasst wenigstens einen Mikroprozessor und besteht aus mehreren in Figur 10 dargestellten Modulen, die als Programme des wenigstens einen Mikroprozessors ausgestaltet sind. Die Auswerteeinheit 50 ermittelt aus den Bildinformationen und den gemessenen Entfernung wenigstens einen Parameter der Kalibrierdaten, insbesondere den Gierwinkel und/oder den Nickwinkel und/oder den Wankwinkel und/oder wenigstens einen Parameter der dreidimensionalen Einbauposition des Bildsensorsystems 38 im Kraftfahrzeug. Der Gierwinkel ist hierbei als die horizontale Winkelabweichung der optischen Achse bzw. der Normalen der Bildebene des Bildsensorsystems 38 von der geometrischen Fahrachse definiert. Unter dem Nickwinkel versteht man die vertikale Winkelabweichung der optischen Achse bzw.

der Normalen der Bildebene des Bildsensorsystems 38 von der geometrischen Fahrachse. Unter dem Wankwinkel versteht man die Verdrehung des Bildsensorsystems 38 um die optisch Achse bezüglich der Fahrbahnebene. Die Parameter der Kalibrierdaten werden über die Signalleitung 51 an wenigstens ein, vorzugsweise nachfolgendes, System 52, beispielsweise einer Speichereinheit 52, elektrisch und/oder optisch übertragen. Alternativ ist eine Übertragung per Funk möglich. Das System 52 kann dabei separat von dem Bildsensorsystem 38 positioniert sein oder das System 52 befindet sich direkt in dem Bildsensorsystem 38. Daneben können die Parameter der Kalibrierdaten entweder dazu verwendet werden, das Bildsensorsystem 38 mechanisch zu justieren oder die Kalibrierdaten werden verwendet, um nachfolgende Anwendungen, die im Betrieb des Bildsensorsystems 38 Bilddaten verarbeiten, softwaremäßig, also algorithmisch, zu manipulieren. Dies gewährleistet eine für den Anwendungszweck dienliche Abbildung und/oder Messwerterfassung durch das Bildsensorsystem 38.

Figur 10 zeigt ein Ablaufdiagramm zur Bestimmung wenigstens eines Parameters der Kalibrierdaten 86 für das Ausführungsbeispiel nach Figur 8. Die Bildsensoresignale 70 der Signalleitung 49 nach Figur 9, die Bildinformationen der Projektionsebene in Form wenigstens eines Bilddatensatzes enthalten, werden dem Modul 72 zur Vorverarbeitung zugeführt. Dieses Modul 72 dient zur Bildung der vorverarbeiteten Bildinformationen 74. Als Vorverarbeitung wird insbesondere eine Kontrastverbesserung und/oder eine Veränderung der Bildhelligkeit und/oder eine Bildverbesserung durch Filterung vorgenommen. Die vorverarbeiteten Bildinformationen 74 werden dem Modul 76 zur Identifizierung von Merkmalen zugeführt. Dieses Modul dient insbesondere zur Suche und Identifizierung der durch die Zeiger erzeugten Lichtpunkte in den vorverarbeiteten Bildinformation 74. Diese signifikanten Merkmale werden mit bekannten Verfahren der Bildverarbeitung ermittelt. Als Verfahren werden insbesondere entweder Verfahren mit vorgegebenen Grauwertschwellen und/oder Kantenverfahren und/oder Konturverfolgungsverfahren verwendet. Die im Modul 76 ermittelten Daten 78 werden an das Modul 80 zur Bestimmung der 2D-Position (zweidimensionale Position) der Lichtpunkte zugeführt. Dabei wird insbesondere entweder eine pixelgenaue oder subpixelgenaue Bestimmung der 2D-Position der Lichtpunkte durchgeführt. Als Verfahren werden insbesondere Schwerpunktoperatoren, beispielsweise Grauwertsummen und/oder Mittelbildung, und/oder Strukturoperatoren, beispielsweise Kreisrand oder Ellipsenrand, und/oder eine Mustergrauwertmatrix verwendet. Bei dem Verfahren mit einer Mustergrauwertmatrix handelt es sich um ein Template Matching (Musteranpassung), bei dem eine künstlich definierte Grauwertmatrix eines Merkmals bestmöglich über das abgebildete Merkmal, dem Lichtpunkt,

platziert wird und damit die 2D-Position ermittelt wird. Die ermittelte 2D-Position der  
Lichtpunkte, also die Bildkoordinaten der Lichtpunkte, werden als Daten 82 zum Modul 84 zur  
Berechnung wenigstens eines Parameters der Kalibrierdaten 86 zugeleitet. Als Parameter der  
Kalibrierdaten 86 zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems in einem Kraftfahrzeug wird  
grundätzlich zwischen intrinsischen und extrinsischen Kalibrierdaten unterschieden.  
Intrinsische Kalibrierdaten sind insbesondere der Kamerahauptpunkt und/oder die  
Kamerakonstante und/oder wenigstens ein Verzeichnungsparameter. Unter den extrinsischen  
Kalibrierdaten werden sechs Parameter unterschieden. Die drei Translationsparameter  $x_k$ ,  $y_k$   
und  $z_k$  beschreiben die Einbauposition des Bildsensorsystems bezüglich des Kraftfahrzeugs,  
sie geben also den Vektor vom Ursprung des Kraftfahrzeugkoordinatensystems zum  
Projektionszentrum des Bildsensorsystems an. Neben den drei Translationsparametern  
unterscheidet man die drei Rotationswinkel Gierwinkel, Nickwinkel und Wankwinkel. In  
diesem Ausführungsbeispiel wird das in Figur 10 beschriebene Verfahren zur Ermittlung  
wenigstens eines Parameters der extrinsischen Kalibrierdaten verwendet. Das Verfahren und die  
Vorrichtung ist grundsätzlich auch zur Ermittlung von intrinsischen Kalibrierdaten, wie in den  
nachfolgenden Abschnitten erläutert, geeignet. Im Ausführungsbeispiel nach Figur 8 werden  
aus den vier Lichtpunkten in Modul 80 acht Messwerte ermittelt. Von jedem Lichtpunkt wird  
die 2D-Position ermittelt. Die Entfernungssignale 71 der Signalleitung 53 nach Figur 9 werden  
ebenfalls dem Modul 84 zugeführt. Aus den gemessenen Entfernungen, die aus den  
Entfernungssignalen 71 abgeleitet werden, und den ermittelten 2D-Positionen der Lichtpunkte  
werden in Modul 84 mit bekannten numerischen, photogrammetrischen Verfahren wenigstens  
ein Parameter der Kalibrierdaten 86 ermittelt, insbesondere der Gierwinkel und/oder der  
Wankwinkel und/oder der Nickwinkel und/oder wenigstens einen Parameter der  
dreidimensionalen Einbauposition des Bildsensorsystems im Kraftfahrzeugkoordinatensystem.  
Bevorzugt wird die Direkte Lineare Transformation (DLT) verwendet. Alternativ ist auch das  
Verfahren des räumlichen Rückwärtsschnitts einsetzbar. Mit dem Ansatz der DLT gelingt es,  
wenigstens einen Parameter der Kalibrierdaten 86 ohne Näherungswerte in einem linearen  
Gleichungssystem zu bestimmen. Das Verfahren basiert auf projektiven Beziehungen zwischen  
Objektraum und Bildraum, die um eine Affintransformation der Bildkoordinaten erweitert  
werden. Mit dem Verfahren des räumlichen Rückwärtsschnitts liegt eine nicht-lineare Lösung  
aufgestellter Kollinearitätsgleichungen vor, die Näherungswerte der gesuchten Parameter der  
Kalibrierdaten 86 benötigt. Die Lösung erfolgt iterativ nach der Methode der kleinsten  
Fehlerquadrate in einer Ausgleichsrechnung. Dazu werden aus den Kollinearitätsgleichungen  
Verbesserungsgleichungen der Beobachtungen abgeleitet. Als Beobachtungen gelten hier die

Bildkoordinaten der im Bild gemessenen Merkmale, insbesondere also der 2D-Position der Lichtpunkte im Bild. Das Aufstellen und Auflösen der sogenannten Normalgleichungen erfolgt iterativ, bis die gesuchten Parameter der Kalibrierdaten 86 sich nicht mehr nennenswert ändern. Zur Berechnung wenigstens eines Parameter der Kalibrierdaten 86 im Ausführungsbeispiel nach Figur 8 werden insbesondere zur Erhöhung der Messgenauigkeit weitere Konstruktionsdaten verwendet, insbesondere werden der Abstand der Zeiger von der Fahrbahnebene (beispielsweise der Abstand 56 in Figur 8) und/oder der Abstand zwischen den beiden optischen Zeigern und/oder wenigstens einen Winkel zwischen dem ersten und zweiten Lichtstrahl eines Zeigers (beispielsweise der Winkel 64, 66 in Figur 8) genutzt. Diese Daten können entweder konstruktiv definiert und damit bekannt sein und/oder die Daten werden zusätzlich ebenfalls messtechnisch erfasst.

Figur 11 zeigt ein Kalibrierobjekt 36 zur Verwendung in einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele. Das Kalibrierobjekt 36 in Figur 11 ist als Projektionsebene ausgeführt. Beispielhaft sind in Figur 11 neun Bezugmerkmale 90 und ein Lichtpunkt 40 als Markierungspunkt eines Zeigers eingezeichnet. Der Auswerteeinrichtung ist die gegenseitige räumliche Lage der Bezugmerkmale 90 bekannt. Die Bezugmerkmale 90 ergeben sich aus der Struktur der Projektionsebene oder sind speziell angebracht. Für die zuverlässige Erfassung der Bezugmerkmale 90 weisen diese eine geometrisch bekannte Form auf und/oder haben die Bezugmerkmale 90 einen guten Kontrast zur Umgebung und/oder sind die Bezugmerkmale 90 aktiv leuchtend und/oder sind die Bezugmerkmale 90 als retroreflektierende Marken ausgebildet. Mittels Aufnahme der Bezugmerkmale 90 werden insbesondere in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen zusätzliche kameraspezifische, also intrinsische Parameter der Kalibrierdaten mitbestimmt. Die Bezugmerkmale 90 sind so gestaltet, dass eine einfache automatische Erfassung in den Bildern des wenigstens einen Bildsensorsystems möglich ist. In Figur 11 dargestellten Bezugmerkmale 90 sind kreisförmig und optisch diffus reflektierend. Die Bezugmerkmale 90 besitzen einen Durchmesser, der in Abhängigkeit von dem Abbildungsmaßstab des wenigstens einen Bildsensorsystems und der Aufnahmeeinrichtung gewählt ist. Die Bezugmerkmale 90 werden automatisch dadurch unterschieden, dass wenigstens ein Bezugmerkmal 90 eine von wenigstens einem Bildsensorsystem erfassbare Kodierung trägt oder die Bezugmerkmale 90 in Gruppen mit definierter Geometrie angeordnet sind. Mit der Maßnahme, dass zur Beleuchtung der Bezugmerkmale wenigstens eine Lichtquelle eingesetzt wird, ist die Erfassbarkeit der Bezugmerkmale 90 begünstigt. Insbesondere wenigstens eine Lichtquelle in der Nähe des

Objektivs des Bildsensorsystems begünstigt die Erfassbarkeit der retroreflektierenden Bezugmerkmale 90. In einer Variante wird durch die Lichtquelle Licht im Spektrum des Infrarots ausgesendet. Damit wird eine Beeinträchtigung der Lichtverhältnisse für Personen am Messort vermieden. Sind die Bezugmerkmale 90 zusätzlich zu der in Figur 11 dargestellten ebenen, flächenhaften Anordnung bezüglich des wenigstens einen Bildsensorsystems auch räumlich versetzt auf der Projektionsebene 36 angeordnet, so ist die Auswertung gegenüber einer ebenen Anordnung der Bezugmerkmale 90 vereinfacht und die Messergebnisse sind zuverlässiger. Durch die Bezugmerkmale 90 kann zusätzlich ein die optische Abbildung verzeichnender Einfluss mitbestimmt werden, der zum Beispiel durch eine Windschutzscheibe zwischen dem Bildsensorsystem und dem Objekt hervorgerufen wird.

5

10

15

20

25

30

 Das vorstehend beschriebene Verfahren und die Vorrichtung sind ebenfalls dazu geeignet gleichzeitig mehr als ein Bildsensorsystem zu kalibrieren. Insbesondere kann während der Auswertung direkt die gegenseitige Zuordnung von zwei oder mehr Bildsensorsystemen hergestellt werden, die aus zumindest zwei unterschiedlichen Perspektiven Objekte erfassen, um sie aus den Bildern dreidimensional zu rekonstruieren. Insbesondere ist das vorstehend beschriebene Verfahren und die Vorrichtung zur Kalibrierung von Stereokameras geeignet, die aus zwei Bildsensorsystemen bestehen, die im wesentlichen dieselbe Szene aufnehmen. Dabei wird entweder für jedes Bildsensorsystem getrennt die Ausrichtung des Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeugs bestimmt und daraus die Ausrichtung der Bildsensorsysteme zueinander ermittelt, oder die Bestimmung der gegenseitigen Zuordnung der Bildsensorsysteme und die Ausrichtung der Stereokamera bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeugs erfolgt gemeinsam in einem Auswerteschritt.

 Neben der Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems in Fahrrichtung des Kraftfahrzeuges nach einem der vorhergehenden Ausführungsbeispiele ist das Verfahren und die Vorrichtung zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems geeignet, das eine davon abweichende Ausrichtung aufweist. Insbesondere ist die Kalibrierung von wenigstens einem Bildsensorsystem möglich, das in die rückwärtige Fahrtrichtung des Kraftfahrzeuges ausgerichtet ist.

Für die vorhergehenden Ausführungsbeispiele gilt, dass abhängig von der Anzahl von Markierungspunkten auf dem Kalibrierobjekt, also von Lichtpunkten auf der Projektionsebene,

eine unterschiedliche Anzahl an Parametern der Kalibrierdaten bestimmbar ist. Durch zwei Markierungspunkte können vier Parameter der Kalibrierdaten bestimmt werden, während bei wenigstens drei Markierungspunkten alle sechs extrinsischen Parameter der Kalibrierdaten bestimmbar sind. Bei mehr als drei Markierungspunkten ist eine Überbestimmung durch

5 Ausgleichung möglich.

Als optische Zeiger können in einer Variante des vorstehend beschriebenen Verfahrens und der Vorrichtung, insbesondere für alle beschriebenen Ausführungsbeispiele, optische Zeiger verwendet werden, die Licht im Ultraviolet-Bereich und/oder sichtbaren Bereich und/oder Infrarot-Bereich aussenden. Insbesondere ist es möglich Laserzeiger und/oder Zeiger mit konventionellen Lichtquellen zu verwenden. Voraussetzung zur Verwendung des optischen Zeigers ist lediglich, dass der erzeugt Markierungspunkt auf dem wenigstens einen Kalibrierobjekt durch das wenigstens eine Bildsensorsystem detektierbar ist. Das vorstehend beschriebene Verfahren und die Vorrichtung ist nicht beschränkt auf optische Zeiger. Vielmehr können alle Zeigertypen verwendet werden, die einen Markierungspunkt für das Durchführen des Verfahrens auf dem Kalibrierobjekt erzeugen. Insbesondere ist es möglich, mechanische Zeiger zu verwenden, die beispielsweise eine Farbmarkierung auf dem wenigstens einen Kalibrierobjekt erzeugen.

20 In einer Variante der vorhergehenden Ausführungsbeispiele wird lediglich ein Zeiger verwendet, der während der Messung an unterschiedlichen durch das Verfahren bestimmten Orten angebracht und ausgerichtet wird, wobei durch Aufnahme mehrerer Bilder durch das wenigstens eine Bildsensorsystem das Verfahren sequentiell durchgeführt wird.

25 Für die vorhergehenden Ausführungsbeispiele wird die Genauigkeit des Verfahrens zur Kalibrierung wenigstens eines Bildsensorsystems gesteigert, wenn das Bildsensorsystem mehr als ein Bild aufnimmt. Dies wird dadurch erreicht, indem die Messungen der im Bild identifizierten Markierungspunkte und der wenigstens eine Parameter der Kalibrierdaten, insbesondere der Gierwinkel und/oder der Nickwinkel und/oder der Wankwinkel, des

30 Bildsensorsystems gemittelt werden.

In einer Variante der vorhergehenden Ausführungsbeispiele besteht die Projektionsebene aus separaten, also getrennten Einzelebenen für jeden Lichtpunkt, die unabhängig voneinander ausgerichtet werden. In einer weiteren Variante der vorhergehenden Ausführungsbeispiele wird

eine einzige Projektionsebene vorgesehen. Durch eine sequentielle Ausrichtung der Projektionsebene mit wenigstens einer Bildaufnahme je Lichtpunkt ist die sequentielle Durchführung des Verfahrens möglich. Beispielsweise ist es möglich, dass die Projektionsebene von den Abmaßen so klein ist, dass lediglich ein einziger Lichtpunkt projizierbar ist. Die 5 Auswertung geschieht entsprechend den Ausführungen der vorhergehenden Ausführungsbeispiele, wobei Daten von mehreren Bildern verwendet werden.

In einer Variante des beschriebenen Verfahrens und der Vorrichtung wird das Kalibrierobjekt nicht senkrecht zu der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeugs ausgerichtet. Vielmehr 10 wird ein Winkel zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  gewählt. Voraussetzung hierfür ist, dass das wenigstens eine Kalibrierobjekt im Erfassungsbereich des wenigstens einen Bildsensorsystems ist.

In einer weiteren Variante des Verfahrens zur Kalibrierung wenigstens eines Bildsensorsystems, das sich an und/oder in und/oder auf einem Kraftfahrzeug befindet, mittels wenigstens eines 15 Kalibrierobjektes, werden von einem Kalibrierobjekt mit wenigstens einem Bildsensorsystem aus wenigstens zwei unterschiedlichen Positionen jeweils wenigstens ein Bild aufgenommen. Hierbei wird zur Kalibrierung die Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeugs bestimmt. Die zwei unterschiedlichen Positionen des Kraftfahrzeugs werden durch Fortbewegung des 20 Kraftfahrzeuges mit den eigenen Rädern eingenommen. Aus den mit bekannten numerischen, photogrammetrischen Verfahren rekonstruierten Aufnahmepositionen des wenigstens einen Bildsensorsystems wird die Richtung der geometrischen Fahrachse berechnet und die Richtung der optischen Achse des wenigstens einen Bildsensorsystems gegenüber der geometrischen Fahrachse ermittelt.

26.09.2002 Fr/Da

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

## Ansprüche

1. Verfahren zur Kalibrierung wenigstens eines Bildsensorsystems, das sich an und/oder in und/oder auf einem Kraftfahrzeug befindet, mittels wenigstens eines Kalibrierobjektes, dadurch gekennzeichnet, dass

15

- das wenigstens eine Bildsensorsystem Bildinformationen des wenigstens einen Kalibrierobjektes erzeugt, vorzugsweise in wenigstens einem Bilddatensatz,
- aus den erzeugten Bildinformationen des wenigstens einen Kalibrierobjektes die Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges bestimmt wird,
- zur Kalibrierung die bestimmte Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges verwendet wird.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die in den erzeugten Bildinformationen beinhalteten Informationen über die geometrische Fahrachse des Kraftfahrzeuges verwendet werden.

25

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Zeiger an wenigstens einem ungelinkten Rad des Kraftfahrzeuges ausgerichtet wird, wobei durch den wenigstens einen Zeiger wenigstens ein Markierungspunkt auf dem wenigstens einen Kalibrierobjekt erzeugt wird, wobei aus dem wenigstens einen Markierungspunkt Informationen über die geometrische Fahrachse des Kraftfahrzeuges ableitbar sind.

30

4. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch:

- Ausrichtung eines ersten und eines zweiten Zeigers mit jeweils einem Zeigerstrahl an einem ersten und einem zweiten ungelenkten Rad des Kraftfahrzeuges, wobei das erste und das zweite ungelenkte Rad näherungsweise eine Radachse festlegen, derart, dass der Zeigerstrahl des ersten Zeigers in etwa parallel zur Fahrbahnebene und in etwa parallel zur Spur des ersten ungelenkten Rades ausgerichtet ist und der Zeigerstrahl des zweiten Zeigers in etwa parallel zur Fahrbahnebene und in etwa parallel zur Spur des zweiten ungelenkten Rades ausgerichtet ist, wobei die Zeigerstrahlen geeignet sind jeweils einen Markierungspunkt auf dem wenigstens einen Kalibrierobjekt zu erzeugen,
- Ausrichtung des Kalibrierobjektes zum Kraftfahrzeug, wobei das Kalibrierobjekt vorzugsweise eine ebene Fläche hat, derart, dass der Winkel zwischen der geometrischen Fahrachse und dem Kalibrierobjekt zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  ist,
- Erzeugung der Bildinformationen des wenigstens einen Kalibrierobjektes durch das wenigstens eine Bildsensorsystem, wobei Bildinformationen der Markierungspunkte enthalten sind,
- Bestimmung der Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges, insbesondere des Gierwinkels und/oder des Nickwinkels und/oder des Wankwinkels, mittels der erzeugten Bildinformationen.

20

5. Verfahren nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch:

- Bestimmung wenigstens einer Entfernung zwischen dem wenigstens einen Kalibrierobjekt und dem ungelenkten Rad entlang des Zeigerstrahls des ersten und/oder des zweiten Zeigers,
- Bestimmung der Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges, insbesondere des Gierwinkels und/oder des Nickwinkels und/oder des Wankwinkels, mittels der erzeugten Bildinformationen und der wenigstens einen bestimmten Entfernung.

25

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Ausrichtung des Kalibrierobjektes zum Kraftfahrzeug der Winkel zwischen der geometrischen Fahrachse und dem Kalibrierobjekt senkrecht ist.

30  
7. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch:

- Ausrichtung eines ersten und eines zweiten Zeigers an einem ersten und einem zweiten ungenlenkten Rad des Kraftfahrzeuges, wobei der erste und der zweite Zeiger jeweils einen ersten und einen zweiten Zeigerstrahl haben, wobei das erste und das zweite ungenlenkte Rad näherungsweise eine Radachse festlegen, derart, dass der erste Zeigerstrahl des ersten Zeigers in etwa parallel zur Fahrbahnebene und in etwa parallel zur Spur des ersten ungenlenkten Rades ausgerichtet ist und der erste Zeigerstrahl des zweiten Zeigers in etwa parallel zur Fahrbahnebene und in etwa parallel zur Spur des zweiten ungenlenkten Rades ausgerichtet ist, wobei die jeweils zweiten Zeigerstrahlen unter einem von Null verschiedenen Winkel zu dem ersten Zeigerstrahl desselben Zeigers angeordnet sind, wobei die zweiten Zeigerstrahlen jeweils in etwa parallel zur Spur des ungenlenkten Rades ausgerichtet sind, wobei alle vier Zeigerstrahlen geeignet sind jeweils einen Markierungspunkt auf dem wenigstens einen Kalibrierobjekt zu erzeugen,
- Bestimmung der Entferungen zwischen dem Kalibrierobjekt und dem ungenlenkten Rad entlang der ersten und zweiten Zeigerstrahlen des ersten und des zweiten Zeigers,
- Erzeugung der Bildinformationen des wenigstens einen Kalibrierobjektes durch das wenigstens eine Bildsensorsystem, wobei Bildinformationen der Markierungspunkte enthalten sind,
- Bestimmung der Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges, insbesondere des Gierwinkels und/oder des Nickwinkels und/oder des Wankwinkels, mittels der erzeugten Bildinformationen und der ermittelten Entferungen.

25 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für wenigstens zwei Bildsensorsysteme, die im wesentlichen dieselbe Szene aufnehmen, vorzugsweise wenigstens ein Stereokamerasystem, für jedes Bildsensorsystem getrennt die Ausrichtung des Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges bestimmt wird und daraus die Ausrichtung der Bildsensorsysteme zueinander ermittelt wird.

30 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Wert der intrinsischen Kalibrierdaten des wenigstens einen Bildsensorsystems ermittelt wird, vorzugsweise der Kamerahauptpunkt und/oder die

Kamerakonstante und/oder wenigstens ein Verzeichnungsparameter, und/oder der Einfluss einer Glasscheibe im Lichtweg des wenigstens einen Bildsensorsystems bestimmt wird.

5            10. Vorrichtung zur Kalibrierung wenigstens eines Bildsensorsystems, das sich an und/oder in und/oder auf einem Kraftfahrzeug befindet, mit wenigstens einem Kalibrierobjekt und wenigstens einer Auswerteeinheit, die Bildinformationen von dem wenigstens einen Bildsensorsystems auswertet, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit Mittel aufweist, welche die Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges aus den Bildinformationen bestimmen.

10            11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit Mittel aufweist, um die in den Bildinformationen beinhalteten Informationen über die geometrische Fahrachse des Kraftfahrzeuges auszuwerten.

15            12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Zeiger an wenigstens einem ungelenkten Rad des Kraftfahrzeuges ausgerichtet ist und wenigstens ein Zeigerstrahl des wenigstens einen Zeigers wenigstens einen Markierungspunkt auf dem wenigstens einen Kalibrierobjekt erzeugt.

20            13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Zeiger ein elektronischer/optischer Entfernungsmesser ist.

25            14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, gekennzeichnet durch wenigstens zwei Bildsensorsysteme, die im wesentlichen dieselbe Szene aufnehmen, vorzugsweise wenigstens ein Stereokamerasystem.

30            15. Bildsensorsystem, das sich an und/oder in und/oder auf einem Kraftfahrzeug befindet, dadurch gekennzeichnet, dass das Bildsensorsystem bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges kalibriert ist.

26.09.2002 Fr/Da

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung eines Bildsensorsystems in einem Kraftfahrzeug

15

Vorgeschlagen wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung wenigstens eines Bildsensorsystems, das sich an und/oder in und/oder auf einem Kraftfahrzeug befindet, mittels wenigstens eines Kalibrierobjektes, wobei zur Kalibrierung die Ausrichtung des wenigstens einen Bildsensorsystems bezüglich der geometrischen Fahrachse des Kraftfahrzeuges bestimmt wird.

20

(Figur 6)

1110

R.303873

Figur 1:

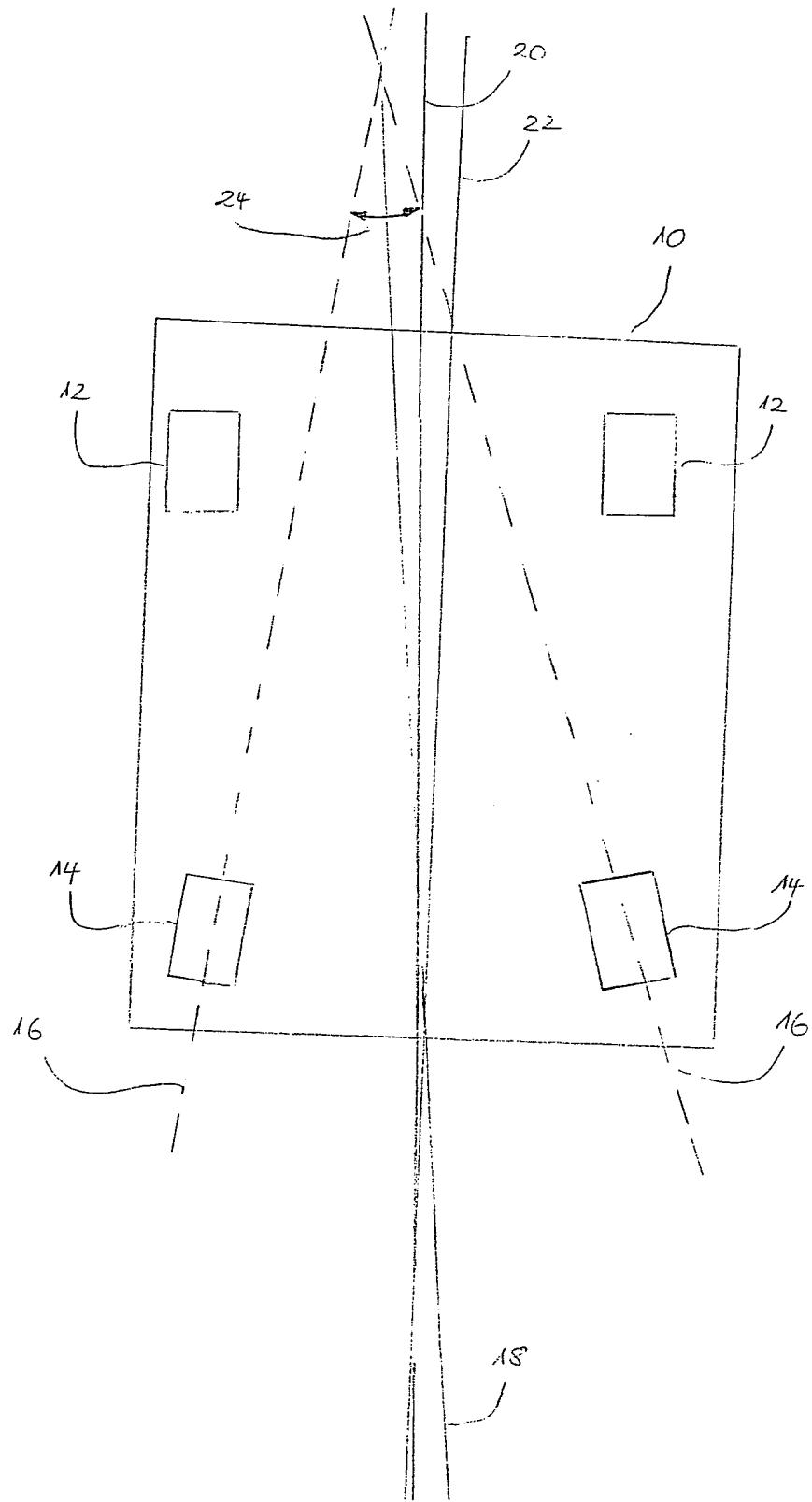


Figure 2:

2110

R.303873

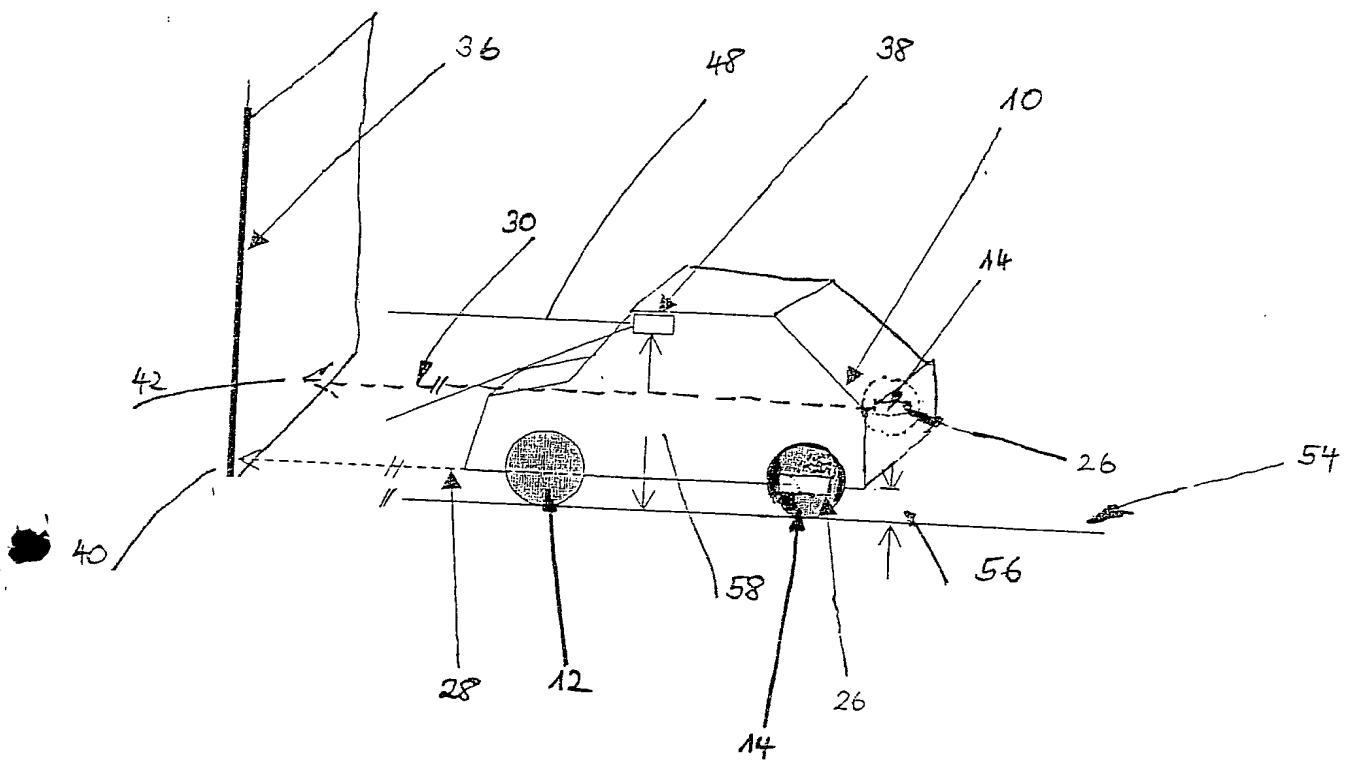
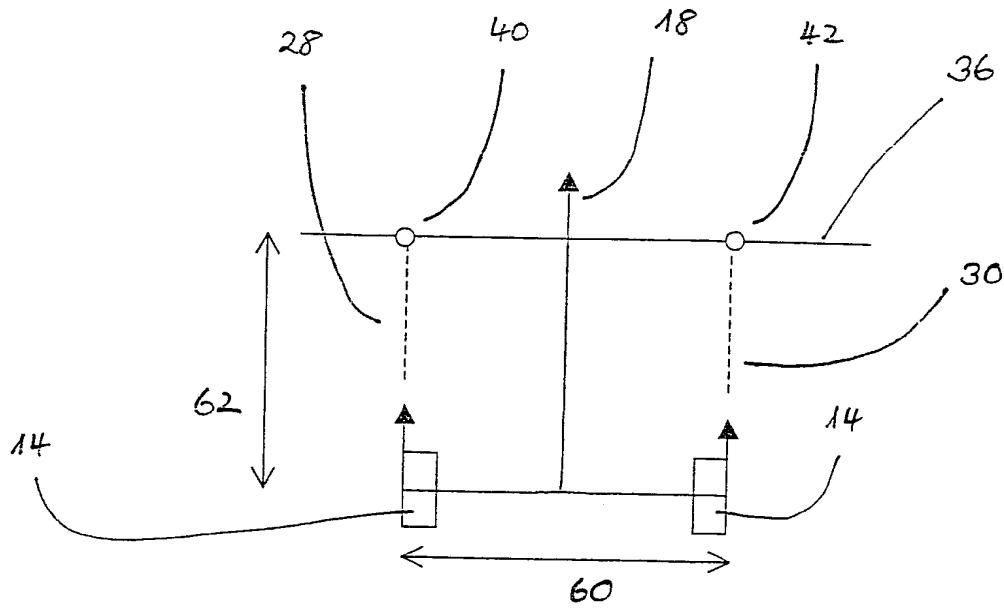


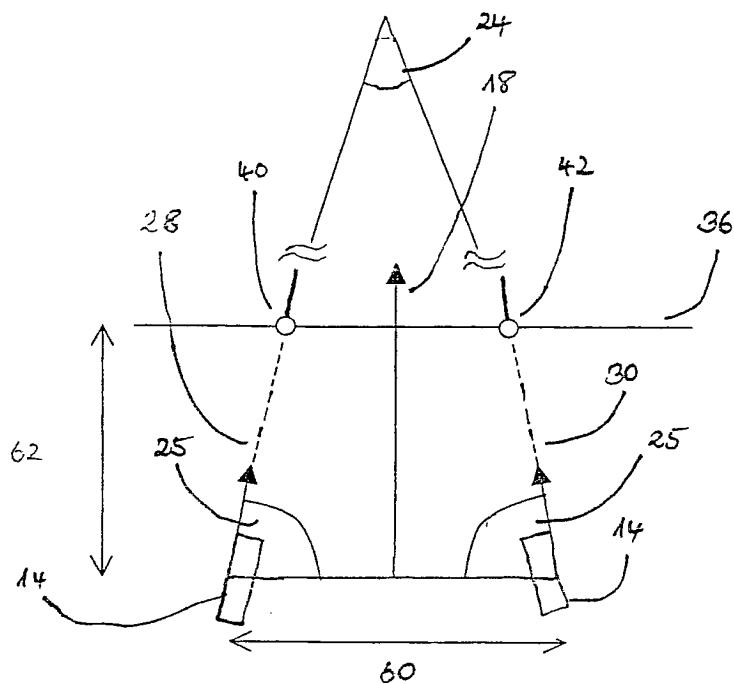
Figure 3:



3110

R.303873

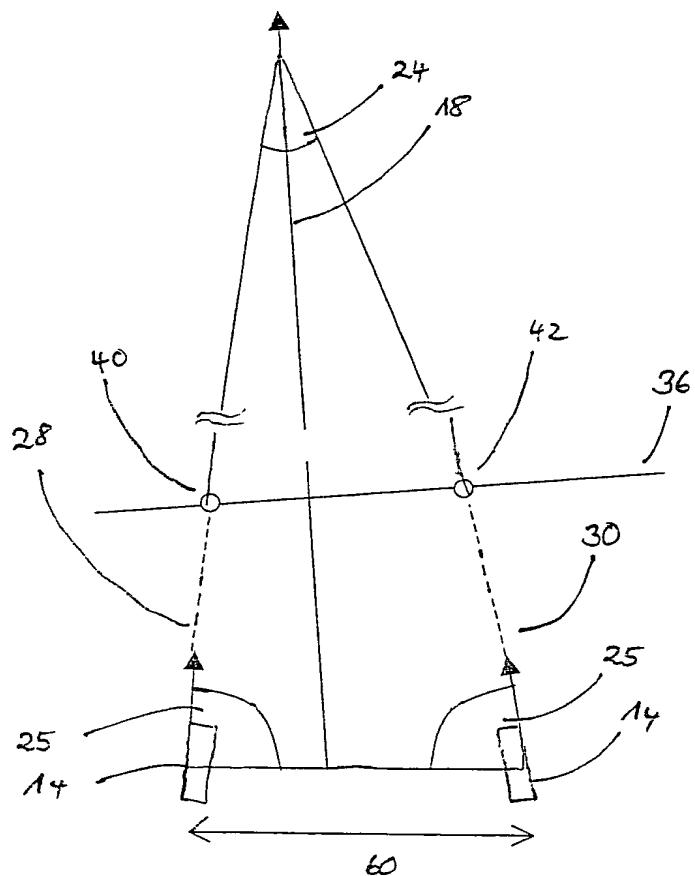
Figure 4:



4110

R. 303873

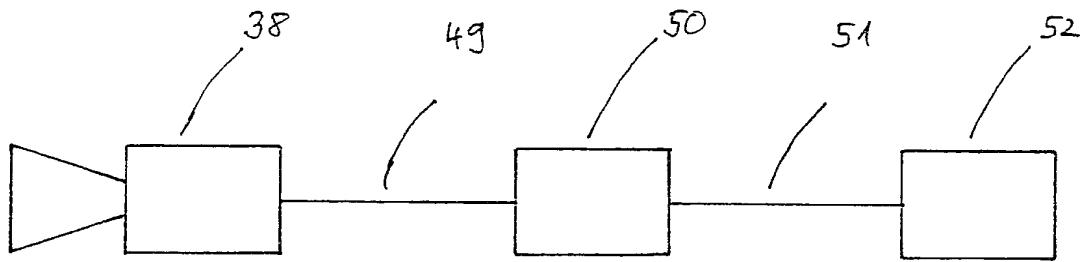
Figure 5:



5110

R.303873

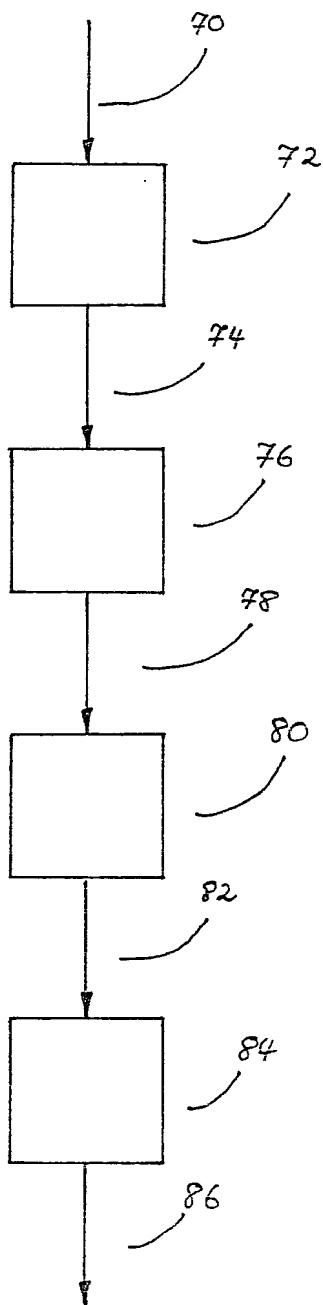
Figure 6:



6110

R.303873

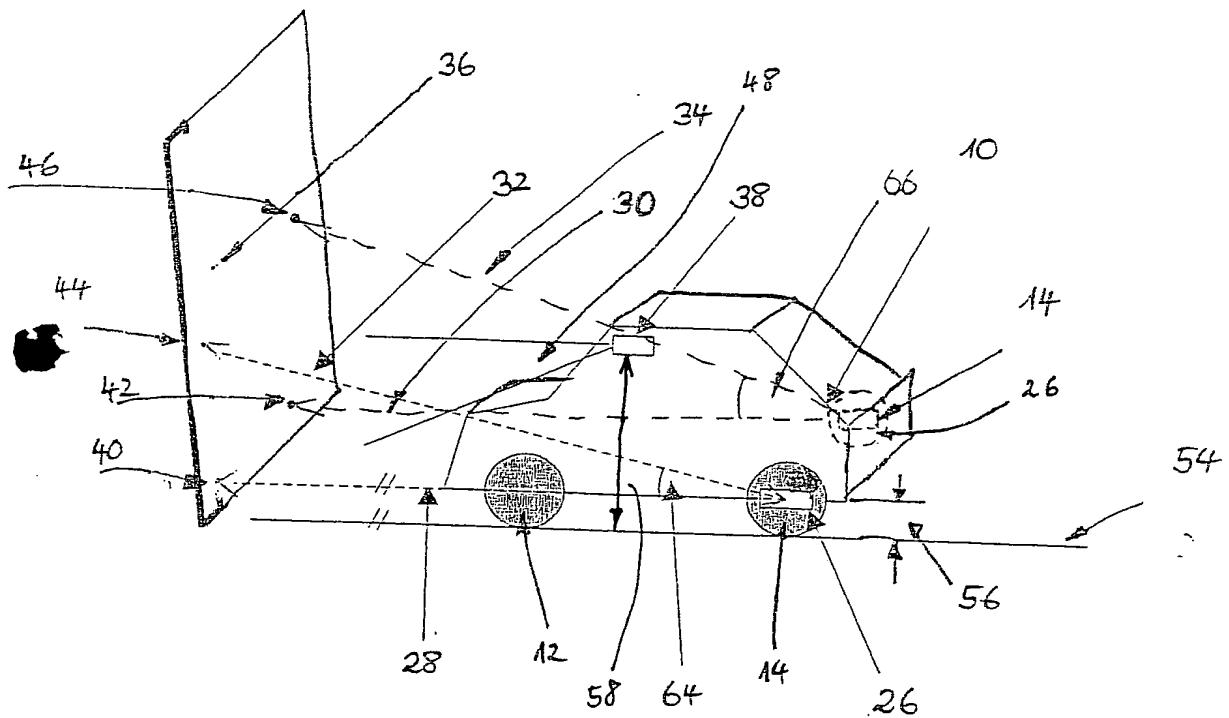
Figure 7:



7110

R.303873

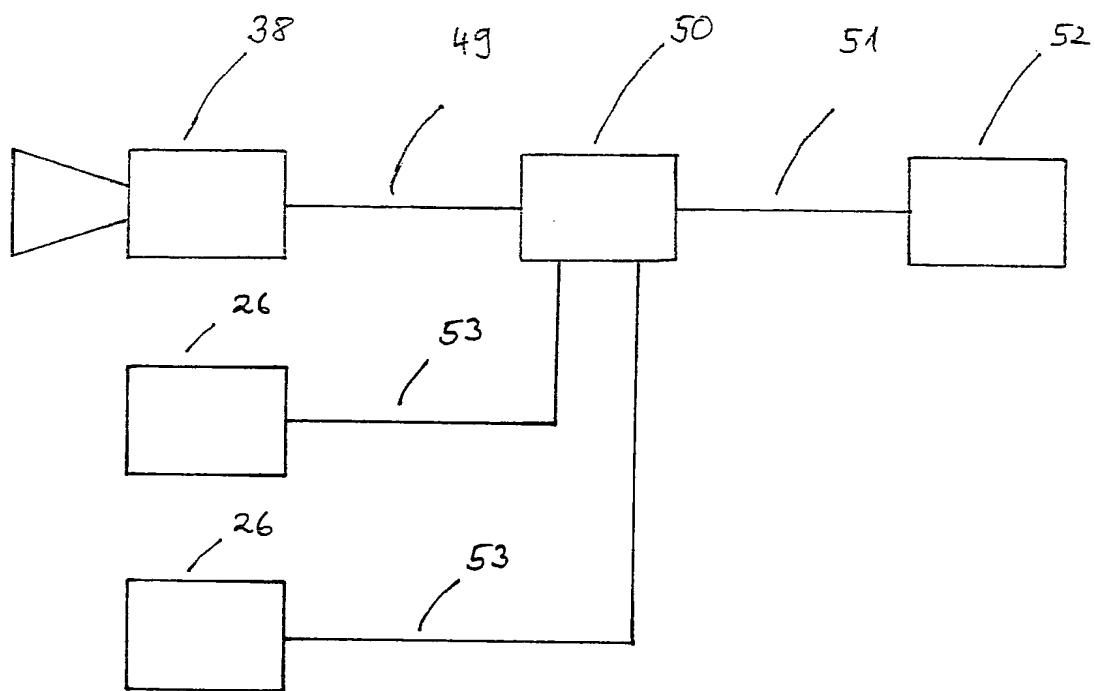
Figure 8:



8110

R.303873

Figure 9:





10/10

R.303873

Figure 11:

